

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт

з дисципліни

**«ЗАСТОСУВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ  
ТЕХНІКИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»**

(для студентів 3 курсу денної та 4 курсу заочної форм навчання,  
а також слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки  
6.050701 «Електротехніка та електротехнології»)

**ХАРКІВ ХНАМГ 2007**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Застосування обчислювальної техніки в електроенергетиці» (для студентів 3 курсу денної та 4 курсу заочної форм навчання, а також слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: О. І. Колбасін, І. Г. Абраменко, П. П. Рожков, І. Г. Натарова, В. П. Михайлов. – Х.: ХНАМГ, 2007. – 35 с.

Укладачі: О. І. Колбасін,  
І. Г. Абраменко,  
П. П. Рожков,  
І. Г. Натарова,  
В. П. Михайлов

Рецензент: ст. викладач кафедри ЕМ ХНАМГ Д. В. Бородін

Затверджено кафедрою електропостачання міст,  
протокол № 11 від 29.06.2007 р.

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Ці методичні вказівки включають лабораторні роботи згідно з програмою курсу "Застосування обчислювальної техніки в електроенергетиці" для студентів спеціальності 6.09 06 03.

Мета лабораторних робіт - закріплення знань, здобутих на лекціях і під час самостійної роботи з питань застосування обчислювальної техніки в завданнях електроенергетики. Студенти оволодівають сучасними засобами обчислювальної техніки, набувають навички з застосування обчислювальної техніки при виконанні розрахунків, що супроводжують аналіз і проектування електроенергетичних систем.

Перед тим як приступити до роботи, необхідно уважно вивчити ці методичні рекомендації, чітко уявити собі мету роботи, характерні особливості розрахункових задач і програмних продуктів.

Після того, як викладач перевірить готовність студентів до виконання роботи, вони починають складати алгоритм і програму виконання завдання.

Після закінчення кожного етапу дослідження результати необхідно надати викладачеві для перевірки, тільки після цього дозволяється приступити до наступного етапу роботи.

Звіт до всіх лабораторних робіт складає кожен студент. Звіт повинен мати номер і назву роботи, її мету, короткий виклад проблеми, що вивчається, результати розрахунків, висновки про роботу.

Звіт повинен бути оформлений акуратно. Текст може бути печатним, або написаний чорнилами.

Перед виконанням наступної роботи попередню треба оформити і захистити.

Студенти, які прийшли на заняття не підготовленими або такі, що не склали звіт до попередньої роботи, до виконання наступних робіт не допускаються.

## ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

При виконанні лабораторних робіт студенти зобов'язані суворо дотримуватися правил техніки безпеки. Щоб уникнути нещасних випадків під час роботи, вони повинні виконувати вимоги техніки безпеки, які наявні у лабораторіях:

При виявленні будь-якої несправності сповістити про це викладача. Не усувати несправність без дозволу викладача.

У разі ураження кого-небудь струмом негайно вимкнути схему і надати першу допомогу потерпілому.

Не залишати увімкненою схему під час перерви. Після закінчення роботи схему вимкнути і після перевірки отриманих даних викладачем розібрати її.

Відповідальність за дотримання правил техніки безпеки покладається на студентів, які працюють у лабораторії, а контроль за їх виконанням — на викладача.

## Лабораторна робота № 1 АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ З ВИБОРУ ПОТУЖНОСТЕЙ КОМПЕНСАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ ЗАСОБАМИ MICROSOFT EXCEL

### Мета роботи

Розробка програми, за допомогою якої можна проводити розрахунки з вибору потужностей компенсаційних пристроїв засобами MICROSOFT EXCEL в автоматизованому режимі.

### Теоретичні відомості

Об'єктом проектування є система електропостачання промислового району, план якого наведено на рисунку 1.

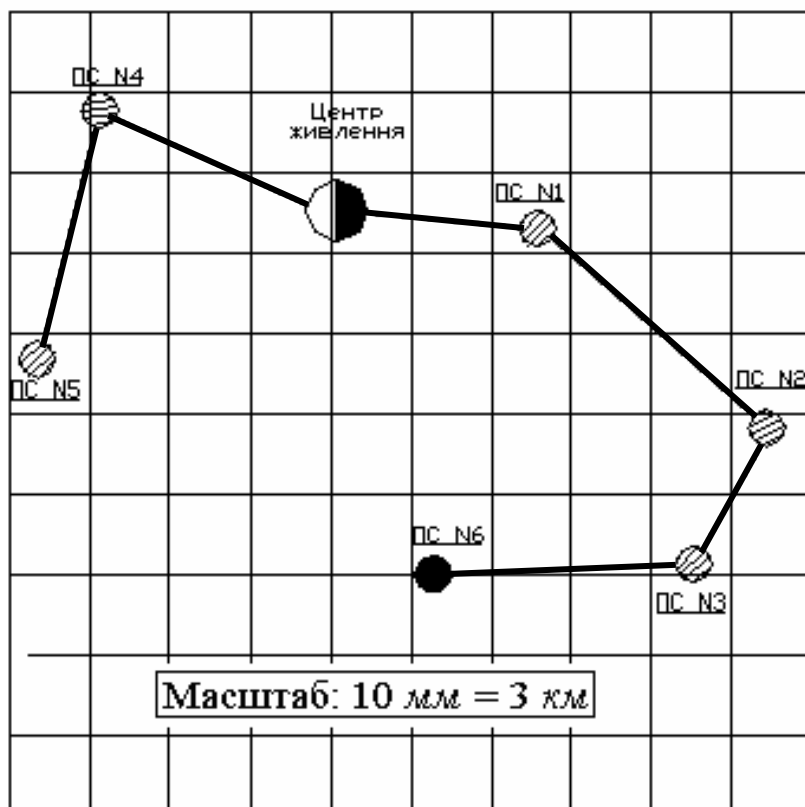


Рис. 1 – Конфігурація мережі

Вихідні дані споживачів електроенергії наведено в табл. 1.

Таблиця 1 - Вихідні дані споживачів

Вихідні дані	Позначення	Номер ПС					
		1	2	3	4	5	6
Найбільше зимове навантаження, <i>MВт</i>	$P_i^{ПС}$	18,5	33,1	42,9	19,9	24,8	36,7
Коефіцієнт потужності	$\cos \varphi_i^{ПС}$	0,89	0,87	0,82	0,87	0,81	0,83
Мінімальний коефіцієнт потужності системи $\cos \varphi_c = 0,92$ .							
Коефіцієнт різночасності максимумів активних навантажень $K_{рв}^P = 0,92$ .							
Коефіцієнт різночасності максимумів реактивних навантажень $K_{рв}^Q = 0,94$ .							

За вихідними даними видно, що коефіцієнт потужності споживачів нижче, ніж той, що допускається в системі, -  $\cos \varphi_c$ . Недостатньо високий коефіцієнт потужності означає, що в системі досить великі перетоки реактивної потужності. Це призводить до додаткових втрат в системі.

Для збільшення коефіцієнту потужності використовують синхронні компенсатори або батареї конденсаторів, які призначені для генерації додаткової реактивної потужності. Ця реактивна потужність має ємнісний характер і тому компенсує реактивну потужність в системі, яка має індуктивний характер.

Мета роботи – на базі вихідних даних обрати потужність батарей конденсаторів, які встановлюються на підстанціях.

Величини реактивних потужностей на підстанціях  $Q_i^{ПС}$  визначаємо за співвідношенням:

$$Q_i^{ПС} = P_i^{ПС} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i^{ПС}. \quad (1.6)$$

При цьому  $\operatorname{tg} \varphi_i^{ПС}$  знаходимо, використовуючи задане значення  $\cos \varphi_i^{ПС}$ .

Результати розрахунків за усіма ПС можна представити у вигляді табл. 2.

Для визначення необхідної потужності конденсаторних батарей спочатку необхідно визначити сумарну активну потужність в мережі району:  $\sum_{i=1}^n P_i^{ПС}$ .

Результати розрахунків параметрів системи зводяться у таблицю 3.

Активна потужність у мережі району витрачається на активні навантаження  $P_i^{ПС}$  понижуючих трансформаторних підстанцій ПС, а також на сумарні втрати активної потужності  $\Delta P_{II}$  в передаючих лініях і трансформаторах, які встановлені на ПС. Відповідно до існуючих рекомендацій

визначення величини втрат зробимо для періоду найбільших навантажень мережі. При цьому врахуємо коефіцієнт  $K_{pv}^P$ , який показує, яку частину складає реально споживана потужність від суми найбільших навантажень ПС.

Втрати  $\Delta P_{II}$  визначимо за формулою

$$\Delta P_{II} = 0,06 \cdot \sum_{i=1}^n P_i^{PC}, \quad (1.1)$$

де 0,06 – емпіричний коефіцієнт;  $n$  - кількість ПС.

Тоді потужність  $P_c$ , що відбирається від енергосистеми, в першому наближенні може бути визначена за формулою

$$P_c = K_{pv}^P \cdot \sum_{i=1}^n P_i^{PC} + \Delta P_{II} \text{ МВт}. \quad (1.2)$$

Реактивна потужність  $Q_c$ , яку енергосистема віддає в мережу району, витрачається на реактивні навантаження  $Q_i^{PC}$ , наявні на стороні нижчої напруги ПС, а також на втрати в лініях передачі  $\Delta Q_{лин}$  і трансформаторах ПС  $\Delta Q_{mp}$ . Аналогічно попередньому, визначення величини  $Q_c$  зробимо для періоду найбільших навантажень мережі. При цьому врахуємо коефіцієнт  $K_{pv}^Q$ , що показує, яку частину складає реально споживана реактивна потужність від суми найбільших реактивних навантажень ПС.

Рівняння балансу реактивних потужностей в мережі може бути представлене в наступному вигляді:

$$Q_c + Q_{лин} + Q_{ку} = K_{pv}^Q \cdot \sum_{i=1}^n Q_i^{TP} + \Delta Q_{лин} + \Delta Q_{тр}, \quad (1.3)$$

де  $Q_{лин}$  - реактивна потужність, яка генерується в лініях передачі;  $Q_{ку}$  - потужність установлених компенсаційних пристроїв (КП).

Величину  $Q_c$  знайдемо за формулою

$$Q_c = P_c \cdot tg \varphi_c, \quad (1.4)$$

де  $tg \varphi_c$  - коефіцієнт реактивної потужності енергосистеми, який визначається з заданої величини коефіцієнту потужності енергосистеми  $\cos \varphi_c$ .

На стадії оціночних розрахунків величинами  $Q_{лин}$  і  $\Delta Q_{лин}$  можна знехтувати, тому що втрати реактивної потужності в індуктивних опорах високовольтних ліній і генерація в них реактивної потужності в період найбільших навантажень близькі між собою.

Сумарні втрати реактивної потужності  $\Delta Q_{mp}$  в трансформаторах ПС визначимо за наближеним співвідношенням:

$$\Delta Q_{mp} \approx 0,1 \sqrt{\left( \sum_{i=1}^n P_i^{PC} \right)^2 + \left( \sum_{i=1}^n Q_i^{PC} \right)^2}, \quad (1.5)$$

де  $Q_i^{PC}$  - реактивні навантаження на нижчій стороні ПС для періоду найбільших навантажень мережі.

Скориставшись знайденими значеннями, одержимо наступне.

Визначимо необхідність використання в проєктованій мережі компенсаційних пристроїв (синхронних компенсаторів або батарей конденсаторів), які призначені для генерації додаткової реактивної потужності. Для цього з формули (1.3) отримуємо вираз для потужності компенсаційних пристроїв:

$$Q_{\text{ку}} = K_{\text{рв}}^Q \cdot \sum_{i=1}^n Q_i^{\text{ПС}} - Q_c + \Delta Q_{\text{тр}}. \quad (1.6)$$

Якщо обчислена величина  $Q_{\text{ку}}$  більше нуля, то для всіх ПС району необхідно зробити розрахунок потужностей компенсаційних пристроїв  $Q_{\text{ку},i}^{\text{ПС}}$ .

Для цього визначимо коефіцієнт потужності мережі  $\text{tg } \varphi_{\text{бал}}$  для балансового режиму за умови установки компенсаційних пристроїв:

$$\text{tg } \varphi_{\text{бал}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i^{\text{ПС}} - Q_{\text{ку}}}{\sum_{i=1}^n P_i^{\text{ПС}}}. \quad (1.7)$$

Розрахункові потужності компенсаційних пристроїв для конкретних ПС визначимо за умови рівності результуючого коефіцієнта потужності цієї ПС  $\text{tg } \varphi_i^{\text{ПС}}$  коефіцієнтові  $\text{tg } \varphi_{\text{бал}}$ :

$$\text{tg } \varphi_i^{\text{ПС}} = \frac{Q_i^{\text{ПС}} - Q_{\text{ку},i}^{\text{ПС}}}{P_i^{\text{ПС}}} = \text{tg } \varphi_{\text{бал}}.$$

Звідки одержуємо:

$$Q_{\text{ку},i}^{\text{ПС}} = Q_i^{\text{ПС}} - P_i^{\text{ПС}} \cdot \text{tg } \varphi_{\text{бал}}. \quad (1.8)$$

Відповідно до номенклатури пристроїв, які випускає промисловість, для компенсації реактивної потужності можна використовувати батареї конденсаторів типу КСКГ-1,05-125, потужністю 6,5 Мвар, і батареї типу КС2-1,05-60, потужністю 3,2 Мвар кожна при номінальній величині напруги 10 кВ.

Виходячи з отриманих значень  $Q_{\text{ку},i}^{\text{ПС}}$ , зробимо розподіл компенсаційних пристроїв за ПС, тобто визначимо кількість батарей на ПС таким чином, щоб їх сумарна потужність

$$Q_{\text{ку},i\Sigma}^{\text{ПС}} = N_{3,2}^{\text{ПС}} * 3,2 + N_{6,5}^{\text{ПС}} * 6,5,$$

де  $N_{3,2}^{\text{ПС}}$  - кількість батарей типу КС2-1,05-60,  $N_{6,5}^{\text{ПС}}$  - кількість батарей типу КСКГ-1,05-125,

була близькою до  $Q_{\text{ку},i}^{\text{ПС}}$ .

Визначимо фактичні потужності  $Q_{\text{ку},i,\text{факт}}^{\text{ПС}}$  обраних батарей на ПС.

Напруга на нижчій стороні ПС у режимі зимового максимуму навантажень повинна перевищувати своє номінальне значення не менш, ніж на 5% (умова зустрічного регулювання). Тому зробимо перерахунок реактивної потужності, що генерується в обраних конденсаторних батареях, за формулою

$$\tilde{Q}_{\text{ку},i,\text{факт}}^{\text{ПС}} = Q_{\text{ку},i}^{\text{ПС}} \cdot \left( \frac{U_c^{5\%}}{U_{\text{с.ном}}} \right)^2, \quad (1.10)$$

де:  $U_{\text{с.ном}} = 10$  кВ;  $U_c^{5\%} = 1,05 \cdot U_{\text{с.ном}} = 1,05 \cdot 10 = 10,5$  кВ.

Для перевірки просумуємо величини  $\tilde{Q}_{\text{ку},i}^{\text{ПС}}$ :  $\sum_{i=1}^n \tilde{Q}_{\text{ку},i}^{\text{ПС}}$ .

Коли величина  $\sum_{i=1}^n \tilde{Q}_{\text{ку},i}^{\text{ПС}}$  стає більшою за розрахункову величину  $Q_{\text{ку}}$ , можна вважати розрахунок закінченим.

Установка на ПС додаткових компенсаційних пристроїв приводить до зміни споживаних на них реактивних  $\tilde{Q}_i^{\text{ПС}}$  і повних  $S_i^{\text{ПС}}$  потужностей. Тому зробимо корекцію цих потужностей для режиму найбільших навантажень на нижчій стороні підстанцій за формулами

$$\tilde{Q}_i^{\text{ПС}} = Q_i^{\text{ПС}} - \tilde{Q}_{\text{ку},i}^{\text{ПС}}; \quad (1.11)$$

$$S_i^{\text{ПС}} = \sqrt{(P_i^{\text{ПС}})^2 + (\tilde{Q}_i^{\text{ПС}})^2}. \quad (1.12)$$



Порядок виконання роботи

У програмному середовищі MICROSOFT EXCEL вихідні дані та розрахунки оформити в вигляді трьох таблиць (приклади яких наведено в табл. 1, 2 і 3).

Таблиця 2

Розрахункова величина	Позначення	Одиниця величини	Номер ПС					
			1	2	3	4	5	6
Активна потужність режиму найбільших навантажень на нижчій стороні ПС	$P_i^{ПС}$	<i>МВт</i>						
Коефіцієнт активної потужності навантаження ПС	$\cos \varphi_i^{ПС}$	-						
Коефіцієнт реактивної потужності навантаження ПС	$tg \varphi_i^{ПС}$	-						
Реактивна потужність режиму найбільших навантажень на нижчій стороні ПС	$Q_i^{ПС}$	<i>Мвар</i>						
Розрахункова потужність компенсаційних пристроїв на ПС	$Q_{ку,i}^{ПС}$	<i>Мвар</i>						
Кількість батарей конденсаторів типу КС 2-1,05-60 на ПС	$N_{3,2}^{ПС}$	<i>шт.</i>						
Сумарна потужність батарей типу КС 2-1,05-60 на ПС	$Q_{ку,i}^{ПС}$	<i>Мвар</i>						
Кількість батарей конденсаторів типу КСКГ-1,05-125 на ПС	$N_{6,5}^{ПС}$	<i>шт.</i>						
Сумарна потужність батарей типу КСКГ-1,05-125 на ПС	$Q_{ку,i}^{ПС}$	<i>Мвар</i>						
Сумарна потужність батарей конденсаторів на ПС	$Q_{ку,i\Sigma}^{ПС}$	<i>Мвар</i>						
Фактична потужність компенсаційних пристроїв на ПС	$\tilde{Q}_{ку,i,факт}^{ПС}$	<i>Мвар</i>						
Реактивна потужність режиму найбільших навантажень на нижчій стороні ПС з урахуванням компенсаційних пристроїв	$\tilde{Q}_i^{ПС}$	<i>Мвар</i>						
Повна потужність режиму найбільших навантажень на нижчій стороні ПС з урахуванням компенсаційних пристроїв	$S_i^{ПС}$	<i>МВА</i>						

Таблиця 3

Сума найбільших активних навантажень	$\sum_{i=1}^n P_i^{ПС}$		МВт	Активна потужність мережі	
Втрати активної потужності	$\Delta P_{II}$		МВт		
Активна потужність, що відбирається з енергосистеми	$P_c$		МВт		
Коефіцієнт реактивної потужності системи	$\operatorname{tg} \varphi_c$		-	Реактивна потужність мережі	
Реактивна потужність енергосистеми	$Q_c$		Мвар		
Сума реактивних потужностей ПС по низькій стороні	$\sum_{i=1}^n Q_i^{ПС}$		Мвар		Фактична сумарна потужність КП з урахуванням 5% $\sum_{i=1}^n \tilde{Q}_{ку,i,факт}^{ПС}$
Втрати в трансформаторах	$\Delta Q_{тр}$		Мвар		
Розрахункова сумарна потужність КП	$Q_{ку}$		Мвар		
Коефіцієнт реактивної потужності мережі для режиму балансу	$\operatorname{tg} \varphi_{бал}$		-		

Вихідними даними для виконання розрахунків є:

- активна потужність  $P_i^{ПС}$  режиму найбільших навантажень на нижчій стороні ПС (рядок 1);

- коефіцієнт активної потужності  $\cos \varphi_i^{ПС}$  навантаження (рядок 2).

У відповідності до теоретичних відомостей розрахувати потужність конденсаторних батарей на ПС.

Вихідні дані (таблиця 1) та результати обчислень (таблиці 2 та 3) повинні знаходитись на різних листах книги EXCEL.

Розрахунки треба проводити з використанням формул EXCEL. Крім того, проведення обчислень повинно проводитись з посиланням на чарунки листа, який містить вихідні дані.

Контроль вибору КП повинен здійснюватись за допомогою функції ЕСЛИ(лог\_вираження; значення\_якщо\_істина;значення\_якщо\_неправда).

Після вводу необхідних формул робота з таблицею повинна відбуватися в інтерактивному режимі шляхом введення потрібної кількості компенсаційних пристроїв різного типу - **КС 2-1,05-60** або **КСКГ-1,05-125**. Процес підбору закінчується тоді, коли сумарна потужність обраних КП ( $\sum_{i=1}^n \tilde{Q}_{ку,i,факт}^{ПС}$ ) стає більше необхідної розрахункової потужності КП ( $Q_{ку}$ ).

Варіанти вихідних даних наведено нижче.

### Варіант 1

Вихідні дані споживачів

Вихідні дані	Номер ПС					
	1	2	3	4	5	6
Найбільше зимове навантаження, <i>MВт</i>	18,5	33,1	42,9	9,9	24,8	26
Коефіцієнт потужності	0,89	0,87	0,82	0,87	0,81	0,81
Мінімальний коефіцієнт потужності системи $\cos \varphi_c = 0,93$ . Коефіцієнт різночасності максимумів активних навантажень – $K_{рв}^P = 0,95$ . Коефіцієнт різночасності максимумів реактивних навантажень $K_{рв}^Q = 0,94$ .						

### Варіант 2

Вихідні дані споживачів

Вихідні дані	Номер ПС					
	1	2	3	4	5	6
Найбільше зимове навантаження, <i>MВт</i>	14,5	43,1	52,9	19,4	34,8	50,6
Коефіцієнт потужності	0,83	0,84	0,87	0,89	0,83	0,84
Мінімальний коефіцієнт потужності системи $\cos \varphi_c = 0,92$ . Коефіцієнт різночасності максимумів активних навантажень – $K_{рв}^P = 0,92$ . Коефіцієнт різночасності максимумів реактивних навантажень $K_{рв}^Q = 0,94$ .						

### Варіант 3

#### Вихідні дані споживачів

Вихідні дані	Номер ПС					
	1	2	3	4	5	6
Найбільше зимове навантаження, <i>MВт</i>	21,2	27,5	32,8	9,8	14,5	29,1
Коефіцієнт потужності	0,88	0,85	0,83	0,95	0,81	0,84
Мінімальний коефіцієнт потужності системи $\cos \varphi_c = 0,95$ . Коефіцієнт різночасності максимумів активних навантажень – $K_{pv}^P = 0,92$ . Коефіцієнт різночасності максимумів реактивних навантажень $K_{pv}^Q = 0,91$ .						

### Варіант 4

#### Вихідні дані споживачів

Вихідні дані	Номер ПС					
	1	2	3	4	5	6
Найбільше зимове навантаження, <i>MВт</i>	48,5	27,1	62,9	91	14,8	36
Коефіцієнт потужності	0,83	0,87	0,85	0,84	0,87	0,84
Мінімальний коефіцієнт потужності системи $\cos \varphi_c = 0,91$ . Коефіцієнт різночасності максимумів активних навантажень – $K_{pv}^P = 0,96$ . Коефіцієнт різночасності максимумів реактивних навантажень $K_{pv}^Q = 0,94$ .						

### Варіант 5

#### Вихідні дані споживачів

Вихідні дані	Номер ПС					
	1	2	3	4	5	6
Найбільше зимове навантаження, <i>MВт</i>	33,1	23,3	20,9	21	34,8	43
Коефіцієнт потужності	0,88	0,86	0,84	0,85	0,87	0,83
Мінімальний коефіцієнт потужності системи $\cos \varphi_c = 0,90$ . Коефіцієнт різночасності максимумів активних навантажень – $K_{pv}^P = 0,9$ . Коефіцієнт різночасності максимумів реактивних навантажень $K_{pv}^Q = 0,91$ .						

## Варіант 6

### Вихідні дані споживачів

Вихідні дані	Номер ПС					
	1	2	3	4	5	6
Найбільше зимове навантаження, <i>MВт</i>	53,1	63,3	42,9	33	24,8	73
Коефіцієнт потужності	0,84	0,86	0,81	0,82	0,83	0,88
Мінімальний коефіцієнт потужності системи $\cos \varphi_c = 0,92$ . Коефіцієнт різночасності максимумів активних навантажень – $K_{pv}^P = 0,91$ . Коефіцієнт різночасності максимумів реактивних навантажень $K_{pv}^Q = 0,93$ .						

## Варіант 7

### Вихідні дані споживачів

Вихідні дані	Номер ПС					
	1	2	3	4	5	6
Найбільше зимове навантаження, <i>MВт</i>	23,1	53,3	62,9	73	14,8	33,6
Коефіцієнт потужності	0,87	0,90	0,86	0,84	0,87	0,82
Мінімальний коефіцієнт потужності системи $\cos \varphi_c = 0,90$ . Коефіцієнт різночасності максимумів активних навантажень – $K_{pv}^P = 0,89$ . Коефіцієнт різночасності максимумів реактивних навантажень $K_{pv}^Q = 0,87$ .						

### Контрольні запитання

- 1 Поясніть різницю між активною та реактивною потужностями.
- 2 До яких наслідків призводить поява в мережі реактивної енергії?
- 3 Що характеризує коефіцієнт потужності?
- 4 Поясніть принцип роботи компенсаційних пристроїв.
- 5 Які особливості MICROSOFT EXCEL треба враховувати при виконанні завдання?
- 6 Як здійснюється посилання на абсолютну адресу чарунки в таблицях EXCEL?
- 7 Як враховуються втрати в лініях та трансформаторах?
- 8 Що таке коефіцієнт різночасності максимумів навантажень?
- 9 Які типи конденсаторних батарей Ви знаєте, назвіть їх характеристики.
- 10 Як залежить потужність конденсаторної батареї від напруги?

## Лабораторна робота № 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТОКОРОЗПОДІЛУ ПОТУЖНОСТЕЙ НА ДІЛЯНКАХ РАДІАЛЬНО-МАГІСТРАЛЬНИХ ЛІНІЙ

### Мета роботи

Розробка програми, за допомогою якої можна проводити розрахунки з визначення потокорозподілу з урахуванням конфігурації мережі засобами MICROSOFT EXCEL в автоматизованому режимі.

### Теоретичні відомості

Потокорозподіл в лініях мережі потужностей  $Q_i^l$  і  $P_i^l$  на ділянках радіально-магістральних ліній розраховуємо в напрямку від найбільш електрично далекої ПС до центру живлення (ЦЖ) шляхом послідовного підсумовування розрахункових навантажень у вузлах мережі (рисунок 1).

Крім того, необхідно визначити значення активної та реактивної потужностей на різних ділянках мережі. Вихідними даними є результати виконання лабораторної роботи № 1.

Під час виконання роботи зручно скористатися функціями EXCEL, які використовуються для обробки текстових даних, а також для пошуку значень параметрів, які розташовані у різних чарунках та згруповані у рядках або стовпцях.

### Порядок виконання роботи

Програма повинна сформувати послідовність зв'язаних ділянок мережі на базі введення конфігурації мережі шляхом завдання номерів ПС.

Таблиця 1 - Конфігурація мережі

№ лінії	Початок	Вузол 1	Вузол 2	Вузол 3	Вузол 4
1	ЦЖ	1	2	3	6
2	ЦЖ	5	4	-	-
3	ЦЖ	-	-	-	-

Вихідні дані повинні автоматично передаватись з відповідного файлу в робочу книгу Excel.

Також потрібно скласти «табличний» опис конфігурації мережі, у якому ділянки мережі описуються у вигляді тексту, наприклад «ЦЖ – ПС1», або «ПС1 – ПС2», тощо.

З урахуванням зформованої мережі повинна обчислюватись активна й реактивна потужність на усіх ділянках мережі.

Рекомендується використовувати наступні функції:

#### 1) СЦЕПИТЬ(текст1;текст2;...)

Об'єднує два або більше текстових рядків в один.

"текст1, текст2, ... " — це від 2 до 255 текстових елементів, поєднаних в один текстовий елемент. Текстовими елементами можуть бути текстові рядки, числа або посилання на окремі чарунки.

**Зауваження.** Для об'єднання елементів тексту замість функції СЦЕПИТЬ можна також використати оператор & (амперсанд). Наприклад, формула =A1&B1 повертає те ж значення, що й формула = СЦЕПИТЬ(A1;B1).

## 2) ТЕКСТ(значення;формат)

Синтаксис функції ТЕКСТ:

"Значення" - або числове значення, або формула, обчислення якої дає числове значення, або посилання на чарунку, що містить числове значення.

"Формат" - числовий формат у вигляді текстового рядка в лапках. Різні числові формати можна переглянути, вибравши пункти **Числової, Дата, Время, Денежный** або **Прочие** в полі **Категория** вкладки **Число** діалогового вікна **Форматирование ячеек**.

Приклад використання функції ТЕКСТ:

	<b>А</b>	<b>В</b>
<b>1</b>	Завод	Трансформатори
<b>2</b>	ХТЗ	63
	<b>Формула</b>	<b>Опис (результат)</b>
	= A2&" відремонтував "&ТЕКСТ(B2;" трансформатора")	Об'єднання змісту чарунок в одну фразу (ХТЗ відремонтував 63 трансформатора)

## 3) ГПР(шукане\_значення; таблиця; номер\_рядка; інтервальний\_перегляд)

Функція шукає значення у верхньому рядку таблиці або масиву значень і повертає значення з того ж стовпця з заданого рядка таблиці або масиву. Функція ГПР використовується, коли порівнювані значення розташовані у верхньому рядку таблиці даних, а значення, що повертаються, розташовані на декілька рядків нижче. Якщо порівнювані значення розташовані в стовпці ліворуч від шуканих даних, то варто використати функцію ВПР.

Буква Г у ГПР означає "горизонтальний".

Синтаксис функції ГПР:

"Шукане\_значення" - це значення, яке потрібно знайти в першому рядку таблиці. "Шукане\_значення" може бути значенням, посиланням або текстовим рядком.

"Таблиця" - це таблиця з інформацією, у якій шукаються дані. Можна використати посилання на інтервал або ім'я інтервалу.

Значення в першому рядку аргументу "таблиця" можуть бути текстом, числами або логічними значеннями.

Якщо "інтервальний\_перегляд" має значення ІСТИНА, то значення в першому рядку аргументу "таблиця" повинні бути розташовані в зростаючому порядку: ...-2, -1, 0, 1, 2,... , А-Z, НЕПРАВДА, ІСТИНА; у протилежному випадку функція ГПР може видати неправильний результат. Якщо

"інтервальний\_перегляд" має значення НЕПРАВДА, то "таблиця" не зобов'язана бути відсортованою.

Текстові рядки вважаються еквівалентними незалежно від регістру букв.

Дані можна впорядкувати по зростанню, зліва направо. Для цього виділіть ці дані й виберіть у меню **Дані** команду **Сортування**. Натисніть кнопку **Параметри** й виберіть стовпці діапазону. Натисніть кнопку **ОК**. У поле **Сортувати по** виберіть рядок зі списку й встановіть перемикач по зростанню.

"Номер\_рядка" - це номер рядка в масиві "таблиця", з якого буде повернуто значення, що зіставляється. Якщо "номер\_рядка" дорівнює 1, то повертається значення з першого рядка аргументу "таблиця", якщо "номер\_рядка" дорівнює 2, то повертається значення із другого рядка аргументу "таблиця", й так далі. Якщо "номер\_рядка" менше 1, то функція ГПР повертає значення помилки #ЗНАЧ!; якщо "номер\_рядка" більше, ніж кількість рядків в аргументі "таблиця", то функція ГПР повертає значення помилки #ССЫЛ!.

"Інтервальний\_перегляд" - це логічне значення, що визначає, потрібно чи ні, щоб функція ГПР шукала точну або наближену відповідність. Якщо цей аргумент має значення ІСТИНА або опущений, то повертається приблизно відповідне значення; інакше кажучи, якщо точна відповідність не знайдена, то повертається найбільше значення, що менше, ніж "шукане\_значення". Якщо цей аргумент має значення НЕПРАВДА, то функція ГПР шукає точну відповідність. Якщо таке не знайдено, то повертається значення помилки #Н/Д.

Примітки. Якщо ГПР не може знайти "шукане\_значення" й "інтервальний\_перегляд" має значення ІСТИНА, то використовується найбільше значення, яке менше, ніж "шукане\_значення".

Якщо "шукане\_значення" менше, ніж найменше значення в першому рядку аргументу "таблиця", то функція ГПР повертає значення помилки #Н/Д.

Приклад використання функції ГПР:

	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>
<b>1</b>	Кабелі	Трансформатори	КРУ
<b>2</b>	4	4	9
<b>3</b>	5	7	10
<b>4</b>	6	8	11
<b>Формула</b>		<b>Опис (результат)</b>	
=ГПР("Кабелі";A1:C4;2;ИСТИНА)		Пошук слова "Кабелі" у рядку 1 і повернення значення з рядка 2, що перебуває в тому ж стовпці (4)	
=ГПР("Трансформатори";A1:C4; 3; ЛОЖЬ)		Пошук слова "Трансформатори" у рядку 1 і повернення значення з рядка 3, що перебуває в тому ж стовпці (7)	
=ГПР("Т";A1:C4;3; ИСТИНА)		Пошук "Т" у рядку 1 і повернення значення з рядка 3, що перебуває в тому ж стовпці. Тому що "Т" - не точний збіг, найближче менше значення: "Кабелі". (5)	
=ГПР("КРУ";A1:C4;4)		Пошук слова "КРУ" у рядку 1 і повернення значення з рядка 4, що перебуває в тому ж стовпці (11)	



В таблицях 2, 3, як приклад, наведено результат виконання роботи.  
Таблиця 2 – Конфігурація мережі

№ лінії	Початок	Вузол 1	Вузол 2	Вузол 3	Вузол 4
1	ЦЖ	ЦЖ – ПС1	ПС1 – ПС2	ПС2 – ПС3	ПС3 – ПС6
2	ЦЖ	ЦЖ – ПС4	ПС4 – ПС5	-	-
3	ЦЖ	-	-	-	-

Таблиця 3 - Обчислення активних потужностей по ділянках мережі

Активна потужність, МВт					
№ лінії	Початок	Вузол 1	Вузол 2	Вузол 3	Вузол 4
1	ЦЖ	131,2	112,7	79,6	36,7
2	ЦЖ	44,7	24,8	-	-
3	ЦЖ	-	-	-	-

### Контрольні запитання

1. Поясніть різницю між активною та реактивною потужністю.
2. Якими операторами EXCEL можна проводити вибір даних за критеріями?
3. Які оператори EXCEL застосовуються для обробки текстових даних?
4. Як за допомогою функції ГПР виконується пошук зв'язаних даних?
5. Які особливості має використання функції ТЕКСТ?
6. Як здійснюється зціплення символів у EXCEL?
- 7.

### Лабораторна робота № 3 ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ МІКРОРАЙОНУ МІСТА

#### Мета роботи

Розробка програми, за допомогою якої можна проводити розрахунки з визначення активної потужності електроспоживання мікрорайону міста засобами MICROSOFT EXCEL в автоматизованому режимі.

#### Теоретичні відомості

Мікрорайон міста характеризується планом (рис. 1), а також характеристиками будівель (табл. 1 і 2).

Таблиця 1 – Характеристика громадських і комунально-побутових споживачів мікрорайону

Номер будинку за планом	Найменування споживача	Характеристика
29	Торгівельний центр	560 м <sup>2</sup>
23	Супермаркет	500 м <sup>2</sup>

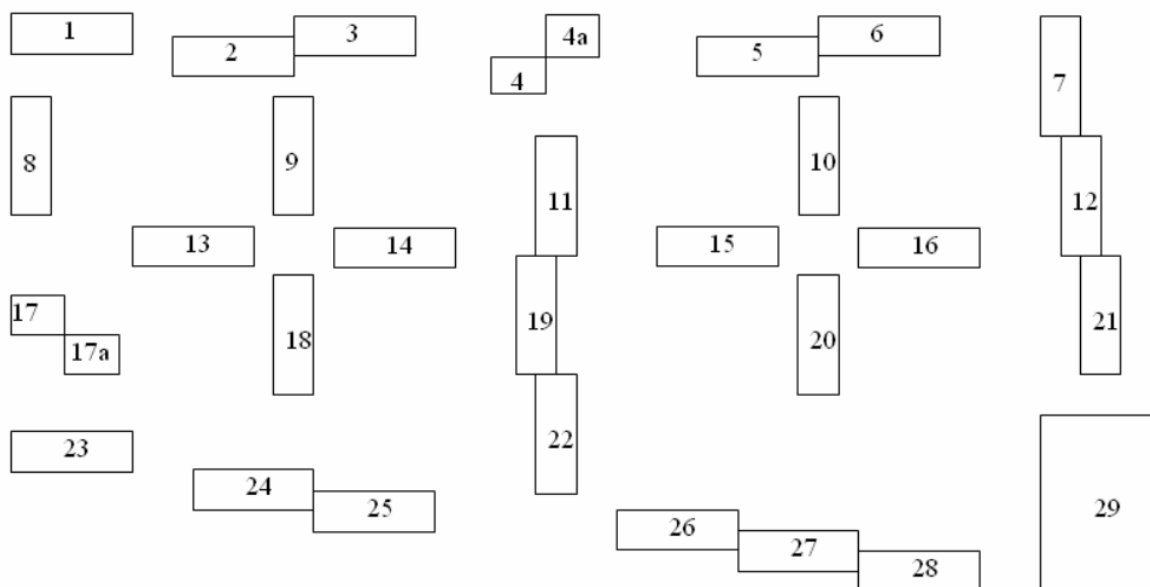


Рис. 1 – План мікрорайону міста

Таблиця 2 – Характеристика житлових будинків мікрорайону

Тип будинку	Номери будинків за планом	Кількість поверхів	Тип плит	Кількість під'їздів	Кількість квартир на площадці	Кількість квартир в будинку	Кількість і потужність ліфтів	Р <sub>сил.</sub> установок
1	1 – 3, 5, 6, 8, 11, 19, 22, 24 - 28	9	газові	4	4	144	4х 7 кВт	5 кВт
2	4,4а,17, 17а	16	електро-плити	1	4	64	1 х 4 кВт 1 х 11 кВт	10 кВт
3	9, 10, 13, 14 – 16, 18, 20	12	електро-плити	2	4	192	2 х 11 кВт 2 х 15 кВт	20 кВт

Якщо задано характеристики будівель, то визначення електроспоживання мікрорайону міста здійснюється на основі питомої потужності на одну квартиру (для житлових будинків), на один квадратний метр (для громадських будівель), тощо.

Розрахункове навантаження групи жител з однаковим питомим електричним навантаженням, приведене до лінії живлення, вводу в житловий будинок, шин напругою 0,4 кВ ТП  $P_{жN}$ , визначається за формулою

$$P_{жN} = P_{жn} \cdot N \quad , \quad (1)$$

де  $P_{жn}$  - питоме розрахункове електричне навантаження одного житла (квартири), яке вибирається за таблицею 4.1 ДБН В. 2.5-23-2003 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення» залежно від прийнятого рівня електрифікації та кількості квартир, приєднаних до даної ланки електромережі, кВт/житло;

N - кількість жител (квартир), приєднаних до вводу, лінії, ТП.

Житла (квартири) щодо оснащеності побутовими електроприладами та їх розрахункових навантажень умовно поділяються на такі види:

1 - житла (квартири) в будинках масового будівництва, споруджені чи споруджувані із загальною площею від 35 до 95 м<sup>2</sup> та заявленою (встановленою) потужністю електроприймачів до 30 кВт;

2 - житла (квартири) в багатоквартирних будинках, споруджені чи споруджувані із загальною площею від 100 до 300 м<sup>2</sup> та заявленим замовником високим рівнем комфортності, що відповідає встановленій потужності електроприймачів від 30 до 60 кВт.

Для жител 1-го виду (квартир у багато - та малоквартирних будинках, будинків на одну родину і будиночків на ділянках садівничих товариств) встановлюються п'ять рівнів електрифікації та відповідні їм нормативні розрахункові питомі навантаження:

I - житла (квартири) з плитами на природному газі;

II - житла (квартири) з плитами на скрапленому газі;

III - житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 8,5 кВт;

IV - житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 10,5 кВт;

V - будиночки на ділянках садівничих товариств.

Для жител 2-го виду встановлюються два рівні електрифікації та відповідні їм нормативні розрахункові питомі навантаження:

I - житла (квартири) з плитами на природному газі;

II - житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 10,5 кВт.

Дані таблиці 4.1 ДБН В. 2.5-23-2003 у скороченому вигляді наведено у таблиці 3.

Окрім питомого навантаження слід враховувати також навантаження сантехнічного обладнання, ліфтів, тощо.

Розрахункове навантаження силових електроприймачів житлового будинку, приведене до вводу, лінії або шин напругою 0,4 кВ ТП,  $P_{сил}$  визначається за формулою

$$P_{сил} = \sum_1^n P_{л} \cdot K_{non_{л}} + \sum_1^n P_{сан} \cdot K_{non_{сан}}, \quad (6)$$

де  $P_{л1} \dots P_{лn}$  - встановлена потужність електродвигуна кожного з ліфтів за паспортом, кВт;

$K_{non_{л}}$  - коефіцієнт попиту для ліфтів, що визначається за таблицею 4 залежно від кількості ліфтових установок та кількості поверхів будинку;

$P_{сан1} \dots P_{санn}$  - встановлена потужність кожного електродвигуна сантехнічних установок за їх паспортами, кВт;

$K_{non_{сан}}$  - коефіцієнт попиту для електродвигунів сантехнічних установок, що визначається за таблицею 5.

Таблиця 3 - Питомі розрахункові електричні навантаження жител 1-го та 2-го видів

Споживачі електроенергії	Значення показника, кВт/житло, при кількості жител														
	1	3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
<b>1. Житла 1-го виду</b>															
1.1 I-го рівня електрифікації – в будинках з плитами на природному газі	5,00	3,85	3,23	2,72	2,36	2,10	1,91	1,65	1,31	1,14	1,00	0,87	0,74	0,66	0,60
1.2 II-го рівня електрифікації – в будинках з плитами на скрапленому газі та на твердому паливі	6,50	5,01	4,20	3,53	3,07	2,73	2,48	2,15	1,70	1,48	1,30	1,12	0,96	0,86	0,78
1.3 III-го рівня електрифікації – в будинках з електроплитами потужністю до 8,5 кВт	10,00	8,19	5,56	4,44	3,76	3,33	3,05	2,72	2,35	2,10	1,73	1,38	1,31	1,19	1,10
1.4 IV-го рівня електрифікації – в будинках з електроплитами потужністю до 10,5 кВт	12,00	9,83	6,67	5,33	4,51	3,99	3,66	3,26	2,82	2,52	2,08	1,65	1,58	1,43	1,32
<b>2. Житла 2-го виду</b>															
2.1 I-го рівня електрифікації — в будинках з плитами на природному газі	9,00	6,33	5,29	4,36	3,72	3,26	2,94	2,51	2,00	1,78	1,62	1,47	1,24	1,08	0,99
2.2 II-го рівня електрифікації — в будинках з електроплитами потужністю до 10,5 кВт	16,00	13,05	8,34	6,41	5,39	4,77	4,36	3,83	3,18	2,83	2,51	2,16	1,88	1,77	1,76
<b>Примітка.</b> Питомі розрахункові навантаження для кількості жител, незафіксованої в таблиці, визначаються інтерполяцією.															

Таблиця 4 - Коефіцієнти попиту для ліфтових установок

Кількість ліфтових установок	$K_{\text{нон}_л}$ - для будинків заввишки	
	до 12 поверхів	12 і більше поверхів
2 – 3	0.80	0.90
4 – 5	0.70	0.80
6	0.65	0.75
10	0.50	0.60
20	0.40	0.50
25 і більше	0.35	0.40

**Примітка.** Коефіцієнт попиту для кількості ліфтових установок, не вказаної в таблиці, визначається інтерполяцією.

Таблиця 5 - Коефіцієнти попиту для електродвигунів сантехнічних установок

Питома вага встановленої потужності працюючого сантехнічного і холодильного устаткування, включаючи системи кондиціонування повітря, в загальній установленій потужності працюючих силових електродвигунів, %	$K_{\text{нон}_{сан}}$ при кількості електроприймачів										
	2	3	5	8	10	15	20	30	50	100	200
100-85	1.00 (0,8)	0,90 (0,75)	0,80 (0,70)	0,75	0,70	0,65	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50
84 – 75	-	-	0,75	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50
74 - 50	-	-	0,70	0,65	0,65	0,60	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45
49 - 25	-	-	0,65	0,60	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45
24 і менше	-	-	0,60	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,40

Примітка 1. У дужках наведені коефіцієнти попиту для електродвигунів одиничною потужністю більше ніж 30 кВт.  
Примітка 2. Коефіцієнт попиту для кількості приєднаних електроприймачів, не вказаної в таблиці, визначається інтерполяцією.

Розрахункове навантаження житлового будинку в цілому (від жител, силових електроприймачів та вбудованих чи прибудованих приміщень) за умови, коли найбільшою складовою є навантаження від жител,  $P_{\text{буд.ж}}$  визначають за формулою

$$P_{\text{буд.ж}} = P_{\text{ж}} + 0,9P_{\text{сил}} + \sum_1^n P_{\text{зр}} \cdot K_y, \quad (9)$$

де  $P_{ж}$  - розрахункове навантаження електроприймачів жител (квартир), кВт;

$P_{сил}$  - розрахункове навантаження силових електроприймачів житлового будинку, кВт;

$P_{зр1} \dots P_{зрn}$  - розрахункові навантаження вбудованих чи прибудованих громадських приміщень, кВт, що живляться від електрощитової житлового будинку, кВт.

$K_{y1} \dots K_{yn}$  - коефіцієнти участі в максимумі навантаження квартир і силових електроприймачів житлового будинку, навантажень вбудованих і прибудованих приміщень що визначаються за таблицею 6.

Якщо від ТП живляться кілька споживачів з рівними або близькими до рівних навантаженнями, розрахунок слід виконувати відносно того навантаження, яке дає найбільше  $P_{max}$ .

Аналогічно визначають навантаження будинків та споруд (приміщень) громадського призначення.

Питоме навантаження будівель громадського призначення наведено у таблиці 7.

**Таблиця 6 – Коефіцієнти участі в максимумі навантаження**

Назва будівлі (приміщення) з найбільшим розрахунковим навантаженням	Житлові будинки з електроплитами	Житлові будинки з газовими плитами або на твердому паливі	Заклади громадського харчування – ідальні	Заклади громадського харчування – ресторани, кафе	Середні навчальні заклади	Загальноосвітні школи, ПТУ	Заклади адмін.-управлін., фінансові, проектно-конструктор.	Торгові підприємства одноступінні	Торгові підприємства півтора- та двоступінні	Готелі	Перукарні	Дошкільні дитячі заклади	Поліклініки	Комбінати побутового обслуговування, ательє	Підприємства комунального обслуговування	Культові, видовищні заклади, кінотеатри
Житлові будинки з електроплитами	—	0,9	0,6	0,7	0,6	0,4	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,4	0,7	0,6	0,7	0,9
Житлові будинки з газовими плитами або на твердому паливі	0,9	—	0,6	0,7	0,5	0,3	0,4	0,5	0,8	0,7	0,7	0,4	0,6	0,5	0,5	0,9
Підприємства громадського харчування (ідальні ресторани, кафе)	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5
Школи, середні навчальні заклади, ПТУ, бібліотеки	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Торгові підприємства	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Установи управління, фінансові, адміністративні будинки підприємств та проектно-конструкторські організації	0,5	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,5
Готелі	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,3	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,4	0,7	0,5	0,7	0,9
Поліклініки	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Ательє та комбінати побутового обслуговування	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Культові, видовищні заклади, кінотеатри	0,9	0,9	0,4	0,6	0,3	0,2	0,2	0,8	0,7	0,7	0,8	0,2	0,4	0,4	0,5	—

Таблиця 7 - Орієнтовні питомі розрахункові електричні навантаження будинків та споруд (приміщень) громадського призначення

Об'єкти масового будівництва	Одиниця вимірювання	Питоме навантаження
<p><b>Підприємства громадського харчування:</b></p> <p>а) повністю електрифіковані з кількістю посадочних місць до 500 включно</p> <p>б) і кількістю міст. понад 500 до 1000 включно</p> <p>в) з кількістю місць понад 1000</p> <p>г) частково електрифіковані (з плитами на газо-подібному паливі) з кількістю місць до 500 включно</p> <p>д) з кількістю місць понад 500 до 1000 включно</p> <p>е) з кількістю місць понад 1000</p>	кВт на місце	<p>1,03</p> <p>0,85</p> <p>0,75</p> <p>0,80</p> <p>0,70</p> <p>0,60</p>
<p><b>Підприємства роздрібної торгівлі:</b></p> <p>а) продовольчі без кондиціонування повітря</p> <p>б) продовольчі з кондиціонуванням повітря</p> <p>в) промтоварні без кондиціонування повітря</p> <p>г) промтоварні з кондиціонуванням повітря</p> <p>д) універсами без кондиціонування повітря</p> <p>е) універсами з кондиціонуванням повітря</p>	кВт на м <sup>2</sup> торгової зали	<p>0,23</p> <p>0,25</p> <p>0,14</p> <p>0,15</p> <p>0,15</p> <p>0,20</p>
<p><b>Загальноосвітні школи:</b></p> <p>а) з електрифікованими їдальнями та спортзалами</p> <p>б) без електрифікованих їдалень, із спортзалами</p> <p>в) з буфетами, без спортзалів</p> <p>г) без буфетів і спортзалів</p>	кВт на одного учня	<p>0,25</p> <p>0,17</p> <p>0,17</p> <p>0,15</p>
<p><b>Професійно-технічні навчальні заклади з їдальнями</b></p>	кВт на одного учня	0,45
<p><b>Дитячі дошкільні заклади:</b></p> <p>а) з електрифікованими харчоблоками</p> <p>б) з газовими плитами</p>	кВт на місце	<p>0,45</p> <p>0,20</p>



Об'єкти масового будівництва	Одиниця вимірювання	Питоме навантаження
<b>Заклади охорони здоров'я і відпочинку:</b>		
а) лікарні хірургічного профілю з електрифікованими харчоблоками		2,50
б) хірургічні корпуси (без харчоблоків)		0,80
в) лікарні багатoproфільні з електрифікованими харчоблоками	кВт на ліжко-місце	2,20
г) терапевтичні корпуси (без харчоблоків)		0,50
д) радіологічні корпуси (без харчоблоків)		0,70
е) лікарні дитячі з електрифікованими харчоблоками		2,00
ж) терапевтичні корпуси дитячих лікарень (без харчоблоків)		0,40
<b>Поліклініки</b>	кВт на відвід. за зміну	0,15
<b>Аптеки:</b>	кВт на м <sup>2</sup> торг. зали	
а) без приготування ліків		0,12
б) з приготуванням ліків		0,17
<b>Кінотеатри та кіноконцертні зали:</b>	кВт на місце	
а) з кондиціонуванням повітря		0,15
б) без кондиціонування повітря		0,12
<b>Театри та цирку</b>	кВт на місце	0,35
<b>Палаці культури, клуби</b>	кВт на місце	0,45
<b>Готелі (без ресторанів):</b>	кВт на місце	
а) з кондиціонуванням повітря		0,50
б) без кондиціонування повітря		0,35
<b>Перукарні</b>	кВт на роб. місце	1,45
<b>Будівлі (приміщення) для науково-дослідних установ, проектних, управлінських, громадських організацій та культових закладів, адміністративні будинки підприємств</b>	кВт на м <sup>2</sup> корисної площі	
а) з кондиціонуванням повітря		0,055
б) без кондиціонування повітря		0,04
<b>Навчальні корпуси вищих, середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень):</b>	кВт на м <sup>2</sup> корисної площі	
а) з кондиціонуванням повітря		0,05
б) без кондиціонування повітря		0,035
<b>Лабораторні корпуси вищих і середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень):</b>	кВт на м <sup>2</sup> корисної площі	
а) з кондиціонуванням повітря		0,07
б) без кондиціонування повітря		0,055

Будівлі об'єднують в групи за типом, вони також мають індивідуальні номери згідно плану мікрорайону.

Активну потужність усього мікрорайону визначають як суму потужностей за всіма типами будинків з урахуванням коефіцієнту участі.

Слід зауважити, що у повному розрахунку потужності, що споживається, також визначають реактивну потужність будівель за нормативними даними.

### Порядок виконання роботи

За завданням викладача необхідно визначити типи будівель та зіставити їх у таблиці з номерами будівель за планом, сформувати у книзі EXCEL відповідні таблиці коефіцієнтів питомих розрахункових електричних навантажень, а також коефіцієнтів попиту. Крім того необхідно визначити розрахункове навантаження силових електроприймачів будівель.

При проведенні інтерполяції довідкових даних використовують лінійну інтерполяцію за формулою

$$k = k_1 + \frac{(k_2 - k_1) * (n - n_1)}{n_2 - n_1},$$

де  $k_1$ ,  $k_2$  – значення коефіцієнтів, наприклад, питомих навантажень, наведених у таблиці для кількості квартир  $n_1$  та  $n_2$ , відповідно;  $k$  – значення коефіцієнту питомих навантажень для кількості квартир  $n$ , яка відсутня в таблиці причому  $n_2 > n > n_1$ .

При визначенні потужності, що споживається, для кожного типу будівель треба використовувати посилання на таблиці питомих навантажень та коефіцієнтів попиту, а потім згідно до плану мікрорайону – визначити сумарну споживчу активну потужність мікрорайону.

Таблиця для визначення споживання повинна зв'язувати номер будівлі за планом з типом будівлі, тобто з кількістю споживчої потужності (приклад такої таблиці наведено в табл. 8). При цьому програма повинна автоматично визначати за типом будівлі значення споживчої потужності.

Приклад підсумкової таблиці наведено в табл. 9.

Таблиця 8

Номери будівель за планом	Житл. будинок типу 1	Житл. будинок типу 2	Житл. будинок типу 3	Торговий центр	Супермаркет	Акт. навантаження, кВт
1	1					157
2	1					157
3	1					157
4		1				155.6
4а		1				155.6
5	1					157
6	1					157
7	1					157
8	1					157
9			1			180.3
10			1			180.3
11	1					157
12	1					157
13			1			180.3
14			1			180.3
15			1			180.3
16			1			180.3
17		1				155.6
17а		1				155.6
18			1			180.3
19	1					157
20			1			180.3
21	1					157.0
22	1					157
23					1	100
24	1					157
25	1					157
26	1					157
27	1					157
28	1					157
29				1		84.0
Усього будівель	17	4	8	1	1	-

Таблиця 9

Найменування споживачів	Тип будинку	Усього будівель	Кількість квартир/місць /м <sup>2</sup>	Активне навантаження P <sub>p</sub> , кВт	Коеф. участі в максимумі, K <sub>ум</sub>	Розрахункове активне навантаження, кВт
Житлові будинки з електроплитами	1	17	2448	2669.1	1.0	2669.1
Житлові будинки з газ. плитами	2	4	256	622.4	0.9	560.2
Житлові будинки з електроплитами	3	8	768	1442.1	1.0	1442.1
Торгівельний центр	-	1	1300	84.0	0.6	50.4
Супермаркет	-	1	200	100.0	0.8	80.0
Усього	-	31	-	5028.0	-	4912.2

### Контрольні запитання

1. Поясніть метод питомих навантажень.
2. Назвіть види жител щодо оснащеності побутовими електроприладами.
3. Які існують рівні електрифікації жител?
4. Як проводиться інтерполяція табличних даних?
5. Які відмінності у визначенні навантаження між житловими та громадськими будівлями?
6. Як враховується силове навантаження будівель?
7. Що таке коефіцієнт попиту?

Лабораторна робота № 4  
ТРАНСПОРТНА ЗАДАЧА ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Мета роботи

Вивчення методів лінійного програмування на ЕОМ, порівняльний аналіз методів.

Теоретичні відомості

Постановка задачі:

Транспортна задача є частковим типом задач лінійного програмування й формулюється в такий спосіб.

Маємо  $m$  пунктів відправлення (або пунктів виробництва)  $A_1, \dots, A_m$ , в яких зосереджені запаси однорідних продуктів у кількості  $a_1, \dots, a_m$  одиниць.

Є  $n$  пунктів призначення (або пунктів споживання)  $B_1, \dots, B_n$ , потреба яких у зазначених продуктах становить  $b_1, \dots, b_n$  одиниць. Відомі також транспортні витрати  $C_{ij}$ , що пов'язані з перевезенням одиниці продукту з пункту  $A_i$  до пункту  $B_j$ ,  $i = 1, \dots, m$ ;  $j = 1, \dots, n$ .

Припустимо, що

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j;$$

тобто загальний обсяг виробництва дорівнює загальному обсягу споживання. Потрібно скласти такий план перевезень (звідки, куди й скільки одиниць продукту везти), щоб задовольнити попит усіх пунктів споживання за рахунок реалізації всього продукту, зробленого всіма пунктами виробництва, при мінімальній загальній вартості всіх перевезень. Наведене формулювання транспортної задачі називається замкнутою транспортною моделлю. Формалізуємо це завдання.

Нехай  $x_{ij}$  - кількість одиниць продукту, що поставляється з пункту  $A_i$  до пункту  $B_j$ . Сумарні витрати на перевезення продуктів із усіх пунктів виробництва в усі пункти споживання, що підлягають мінімізації, виражаються формулою

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij}.$$

Сумарна кількість продукту, що направляється з кожного пункту відправлення в усі пункти призначення, повинна дорівнювати запасу продукту в даному пункті. Формально це означає, що

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, \dots, m.$$

Сумарна кількість вантажу, що доставляється до кожного пункту призначення із всіх пунктів відправлення, повинна дорівнювати потребам. Це умова повного задоволення попиту:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j, \quad j = 1, \dots, n.$$

Обсяги перевезень - не негативні числа, тому що перевезення з пунктів споживання в пункти виробництва виключені:

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n.$$

Транспортна задача зводиться, таким чином, до мінімізації сумарних витрат при виконанні умов повного задоволення попиту й рівності кількості продукту, що вивозять, запасам його в пунктах відправлення.

У ряді випадків не потрібно, щоб весь зроблений продукт у кожному пункті виробництва був реалізований. У таких випадках баланс виробництва й споживання може бути порушений:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = 1, \dots, m.$$

Введення цієї умови приводить до відкритої транспортної моделі.

Завдання транспортного типу широко поширені в практиці. Крім того, до них зводять багато інших завдань лінійного програмування - завдання про призначення, мережні, календарного планування.

Як одна із задач лінійного програмування транспортна задача принципово може бути вирішена універсальним методом вирішення будь-якої задачі лінійного програмування, але цей метод не враховує специфіки умов транспортної задачі. Тому вирішення її симплексом-методом виявляється занадто громіздким.

Структуру обмежень задачі враховують в ряді спеціальних обчислювальних методів її рішення. Розглянемо деякі з них. Попередньо зробимо наступне зауваження. Відкрита транспортна модель може бути зведена до замкнутої моделі додаванням фіктивного пункту відправлення (споживання), від якого надходить весь відсутній продукт або в який завозять весь надлишковий. Вартість перевезень між реальними пунктами та фіктивним приймають рівною нулю. Внаслідок простоти переходу від відкритої моделі до замкнутої надалі розглядають методи рішення замкнутої моделі транспортної задачі.

## Угорський метод

Ідея методу була висловлена угорським математиком Егерварі та полягає в наступному. Будують початковий план перевезень, що не задовольняє в загальному випадку всім умовам завдання (з деяких пунктів виробництва не весь продукт вивозиться, потреба з пунктів споживання не повністю задоволена). Далі здійснюють перехід до нового плану, більше близькому до оптимального. Послідовне застосування цього прийому за кінцеве число ітерацій приводить до вирішення задачі.

Алгоритм угорського методу складається з підготовчого етапу й кінцевого числа ітерацій. На підготовчому етапі будується матриця  $X_0 = (x_{ij}[0])_{m,n}$ , елементи якої не негативні та задовольняють нерівностям:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij}[0] \leq a_i, \quad i = 1, \dots, m;$$
$$\sum_{i=1}^m x_{ij}[0] \leq b_j, \quad j = 1, \dots, n.$$

Якщо ці умови є рівностями, то матриця  $X_0$  - вирішення транспортної задачі. Якщо серед умов є нерівності, то здійснюється перехід до першої ітерації. На  $k$ -тій ітерації будується матриця  $X_k = (x_{ij}[k])_{m,n}$ . Близькість цієї матриці до вирішення задачі характеризує число  $\Delta k$  - сумарна нев'язка матриці  $X_k$ :

$$\Delta k = \sum_{i=1}^m a_i + \sum_{j=1}^n b_j - 2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}[k].$$

У результаті першої ітерації будують матрицю  $X_1$ , що складається з ненегативних елементів. При цьому  $\Delta_1 < \Delta_0$ . Якщо  $\Delta_1 = 0$ , то  $X_1$  - оптимальне вирішення задачі. Якщо  $\Delta_1 > 0$ , то переходять до наступної ітерації. Їх проводять доти, поки  $\Delta_k$  при якомусь  $k$  не стане рівним нулю. Відповідна матриця  $X_k$  є рішенням транспортної задачі. (Докладний виклад алгоритму див. у кн.: Гольштейн Е.Г., Юдін Д. Б. Завдання лінійного програмування транспортного типу. - М.: Наука, 1969. - 382с.)

Угорський метод найбільш ефективний при вирішенні транспортних задач із цілочисленими обсягами виробництва й споживання. В цьому випадку число ітерацій не перевищує величини  $\Delta_0/2$  ( $\Delta_0$  - сумарна нев'язка підготовчого етапу).

Перевагою угорського методу є можливість оцінювати близькість результату кожної з ітерацій до оптимального плану перевезень. Це дозволяє контролювати процес обчислень і припинити його при досягненні певних точнісних показників. Дана властивість є істотною для завдань великої розмірності.

## Метод потенціалів

Метод потенціалів є модифікацією симплекс-методу вирішення задач лінійного програмування стосовно до транспортної задачі. Він дозволяє, відправляючись від деякого припустимого вирішення, одержати оптимальне вирішення за кінцеве число ітерацій. Загальна схема окремої ітерації така. За припустимим рішенням кожному пункту завдання зпівставляється число, що називається його попереднім потенціалом. Пунктам  $A_i$  відповідають числа  $u_i$ , пунктам  $B_j$  - числа  $v_j$ . Вони вибираються таким чином, щоб їхня різниця на  $k$ -й ітерації дорівнювала  $C_{ij}$  - вартості перевезення одиниці продукції між пунктами  $A_i$  та  $B_j$ :

$$v_j[k] - u_i[k] = C_{ij}, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n.$$

Якщо різниця попередніх потенціалів для кожної пари пунктів  $A_i, B_j$  не перевершує  $C_{ij}$ , то отриманий план перевезень є вирішенням задачі. В протилежному випадку вказують спосіб одержання нового припустимого плану, пов'язаного з меншими транспортними витратами. За кінцевим числом ітерацій знаходять оптимальний план задачі. (Докладний виклад алгоритму див. у кн.: Гольштейн Е.Г., Юдін Д.Б. Завдання лінійного програмування транспортного типу. - М.: Наука, 1969. - 382 с.).

## Порядок виконання роботи

1. Розробити схеми програм вирішення транспортних задач.
2. Написати, налагодити й виконати програми вирішення транспортних задач, наведених у табл. 1, застосовуючи MATLAB.
3. Результати вирішення надрукувати або занести в зошит.



Таблиця 1

Варіант	Транспортні витрати (матриця $C$ )				Обсяг виробництва (вектор $a$ )			Обсяг споживання (вектор $b$ )			
1	2				3			4			
1	3	5	7	11	100	130	170	150	120	80	50
	1	4	6	3							
	5	8	12	7							
2	4	3	5	8	80	60	100	40	60	60	80
	1	2	3	4							
	2	7	3	6							
3	3	5	7	11	100	130	170	150	120	80	50
	1	4	6	3							
	5	8	12	7							
4	5	14	7	8	7	9	13	10	7	4	8
	9	4	3	3							
	8	18	5	10							
5	7	8	5	3	11	11	8	5	9	9	7
	2	4	5	9							
	6	3	1	2							
6	1	4	2	5	6	3	3	4	2	4	2
	2	1	4	1							
	3	2	1	3							
7	6	7	3	5	100	150	50	75	80	60	85
	1	2	5	6							
	3	10	20	4							
8	3	2	4	6	50	40	20	30	25	35	20
	2	3	1	2							
	3	2	7	4							
9	10	0	20	11	15	25	5	5	15	15	10
	12	7	9	20							
	0	14	16	18							

Продовження табл. 1

1	2				3			4			
10	5	3	4	2	100	70	130	70	50	80	100
	4	2	6	1							
	1	4	5	3							
11	2	3	5	4	10	8	12	8	5	7	10
	4	1	3	2							
	6	3	2	5							
12	34	16	86	10	24	36	44	24	28	42	10
	50	41	38	18							
	3	13	100	81							
13	2	3	2	4	30	40	20	20	30	30	10
	3	2	5	1							
	4	3	2	6							
14	3	2	4	1	50	40	20	30	25	35	20
	2	3	1	5							
	3	2	4	4							
15	10	8	6	5	20	12	8	10	15	8	7
	5	10	6	9							
	6	5	3	5							

Як приклад розглянемо завдання знаходження оптимального плану перевезень деякого продукту із трьох пунктів виробництва в чотири пункти споживання. Транспортні витрати задаються матрицею  $C$ :

$$C = \begin{pmatrix} 3 & 5 & 7 & 11 \\ 1 & 4 & 6 & 3 \\ 5 & 8 & 12 & 7 \end{pmatrix}$$

а обсяги виробництва ( $a$ ) і споживання ( $b$ ):

$$a = (100, 130, 170);$$

$$b = (150, 120, 80, 50).$$

Приклад вирішення цього завдання наведено нижче:

1) Уведіть вихідні дані для завдання:

число пунктів споживання  $n=4$ ;

число пунктів виробництва  $m=3$ ;

вектор потреб пунктів споживання  $B=150; 120; 80; 50$

вектор запасів пунктів виробництва  $A=100; 130; 170$ ;

матриця транспортних витрат, розташованих стовпцями,:

$C=3, 1, 5, 5, 4, 8, 7, 6, 12, 11, 3, 7$ .

2) У результаті роботи програми одержано наступні результати:

мінімальні витрати на перевезення – 2040;

матриця оптимального плану перевезень:

0	100	0	0
50	0	80	0
100	20	0	50

#### Зміст звіту

1. Схеми алгоритмів до програм.
2. Лістинги програм.
3. Результати вирішення завдань.
4. Висновки щодо роботи.

#### Контрольні запитання

1. Сформулюйте постановку транспортної задачі.
2. Чим відрізняється замкнута транспортна модель від відкритої?
3. Як здійснити перехід від відкритої транспортної моделі до замкнутої?
4. Опишіть сутність угорського методу рішення транспортної задачі. Які його переваги?
5. Опишіть сутність методу потенціалів.

## Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Застосування обчислювальної техніки в електроенергетиці» (для студентів 3 курсу денної та 4 курсу заочної форм навчання, а також слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»).

Укладачі: Колбасін Олександр Іванович,  
Абраменко Іван Григорович,  
Рожков Петро Павлович,  
Натарова Ірина Григорівна,  
Михайлов Валентин Петрович

Редактор *М. З. Москаленко*

Коректор *З. І. Зайцева*

План 2007, поз. 127 М

---

Підп. до друку 03.09.2007 р.

Формат 60×80 1/16

Друк на ризографі.

Ум. друк. арк. 2,1

Зам. №

Тираж 100 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 731 від 19.12.2001